УДК 502.173

**Ю.А. БАТИЩЕВ, В.И. КОСТЕНКО, В.В. ДУДНИК**

# ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ И ЭКОЛОГИЧЕСКИМ МОНИТОРИНГОМ РЕГИОНА

*Сформулированы принципы построения и функционирования системы мониторинга. Описаны технические средства, обеспечивающие комплексный контроль за изменением состояния земли и приземной атмосферы. Указываются способы представления выходной информации и области её потенциального использования.*
***Ключевые слова:*** *система мониторинга, информационный центр, модуль, бортовая система дистанционного зондирования.*

**Введение.** Одной из наиболее актуальных проблем современной России является стабилизация ее социально-экономического положения, переход к устойчивому развитию и, как следствие, становление в ряды высокоразвитых цивилизованных государств. Её решение во многом зависит от ситуации, складывающейся в регионах – субъектах федерации, которые в последние годы приобретают все большую хозяйственную и финансовую самостоятельность в управлении природопользованием, состоянии окружающей среды и здоровья населения.

Необходимым условием эффективного управления является обеспечение лиц, принимающих решения (ЛПР) на региональном уровне, объективной и полной информацией о текущем состоянии и прогнозе развития процессов. Действенным инструментом в решении задач информационной обеспеченности ЛПР может служить региональная система мониторинга и поддержки принятия управленческих решений (далее для краткости Система), построенная на базе средств малой авиации и наземного контроля [1], информация с которых обрабатывается в региональных центрах, входящих в структуру Системы. Выходная информация Системы – карты состояния сельхозугодий, лесов, воздушного и водного бассейнов, геологии, почв и др., прогнозные сценарии развития экономической, экологической, демографической ситуации и т.п. - используются в управлении соответствующими процессами с последующим отслеживанием результата, замыкая, тем самым, цикл регулирования с обратной связью. Несмотря на то, что элементы цикла регулирования, т.е. мониторинга и поддержки принятия управленческих решений, по отдельности реально существуют, их стыковка и отладка, а также оценка эффективности решаемых с помощью предлагаемой Системы задач требуют подтверждения.

Предполагается, что пользователями Системы будут руководители администраций субъектов РФ, мэры городов, руководители региональных отраслевых управлений и комитетов, директора и менеджеры крупных промышленных предприятий.

Цель настоящей работы состоит в описании принципов построения Системы и в дальнейшем ее эксплуатации в регионах Южного федерального округа (ЮФО).

**Состояние проблемы и пути ее решения.** Эффективное управление сложными системами (причем территориальные образования, каковыми являются российские регионы, многократно сложнее любых технических систем) базируется исключительно на современных информационных технологиях, используемых в рамках кибернетического подхода, предусматривающего формирование замкнутого цикла автоматического регулирования с обратной связью. И сегодня мы видим все эти атрибуты управления хозяйственными, природно-ресурсными и социальными процессами в регионах, однако назвать его оптимальным или даже просто рациональным, к сожалению, невозможно, поскольку цикл регулирования является "вялым", решения по управлению принимаются, зачастую, с опозданием, произвольно и т.п.

Естественно, это не вина регионов, а их беда: не хватает финансовых средств, сказывается наследие командно-административного управления, отсутствие научно обоснованной концепции и соответствующего персонала. К слову сказать, и на Западе задачи регионального управления решаются не намного лучше, но уже по другим причинам. Вместе с тем для России эти задачи даже более актуальны из-за постоянно ухудшающейся социально-экономической и экологической обстановки в стране. Возможности же их решения реально существуют. Например, в стране имеется уникальный набор теоретических, методических, технических и программных разработок в области создания систем и аппаратных комплексов дистанционного и наземного экологического мониторинга, телекоммуникационных систем, систем тематической обработки информации и поддержки принятия управленческих решений с использованием самых современных технологий. Однако, надо сказать, что они не объединены в единую структуру на базе применения системного подхода, чему, возможно, способствовал ряд объективных и субъективных причин: ведомственная разобщенность, отсутствие достаточных финансовых средств и др. Не следует сбрасывать со счетов и сложность решаемой проблемы.

Что же в таком случае предлагается? В стратегическом плане – это создание сети региональных информационных систем мониторинга и поддержки принятия решений по управлению природопользованием, состоянием окружающей среды и здоровья населения, связанных между собой и с федеральными органами власти линиями телекоммуникаций. В тактическом плане – создание региональной информационной структуры мониторинга/управления территориями.

**Принципы построения и функционирования системы.** Система строится на основе следующих принципов [1].

*Иерархичность*. Система имеет выраженную иерархическую структуру, т.е. состоящую из двух уровней: верхнего, охватывающего регион в целом, и нижнего, состоящего из множества локальных подсистем мониторинга/управления (на уровне города, района). Эти уровни нашли соответствующую реализацию в виде высотной "этажерки".

Отметим, что региональный уровень иерархии Системы является промежуточным, поскольку входит в состав федерального уровня, который, в свою очередь, является составной частью аналогичной глобальной системы (рис. 1).

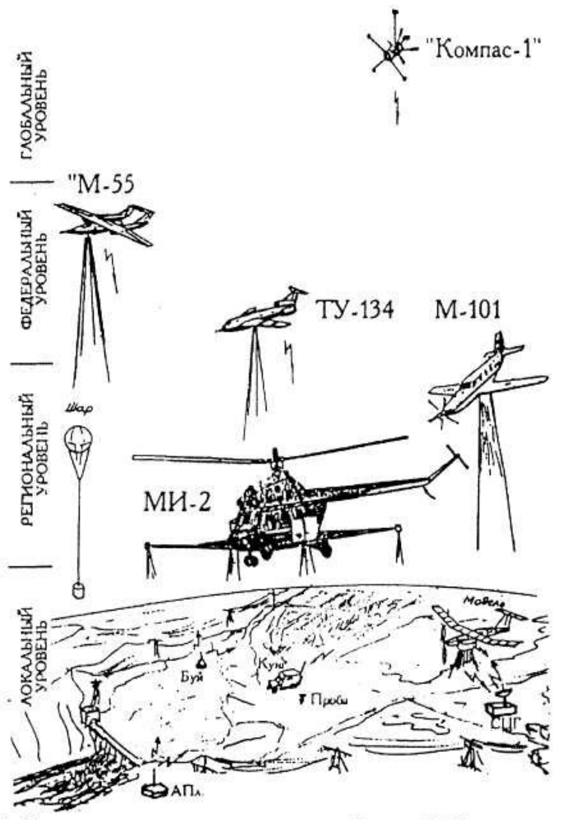



Рис. 1. Структура системы мониторинга Земли:
СЦГ – ситуационный центр губернатора;
Апо – автоматическая платформа

Обмен данными как внутри иерархических уровней, так и между ними, осуществляется с помощью средств телекоммуникационной сети.

*Открытость*. Это свойство Системы означает, что она допускает возможность постоянного обновления и наращивания без каких-либо принципиальных переделок, работу с различными типами данных, базами данных, моделями, экспертными знаниями, а также с различными типами программных средств, сенсоров, аэрокосмических и наземных платформ. В противном случае Система рискует стать со временем устаревшей.

*Нацеленность на конечный результат*. Этот принцип приобрел особую значимость с момента перехода экономики страны на рыночные отношения. В самом деле, сегодня потенциальному пользователю не нужны какие-либо промежуточные результаты, которыми он не сможет оперативно воспользоваться. Не случайно так быстро прошел бум на цветные снимки Земли из космоса, поскольку без чрезвычайно сложной тематической обработки они становятся практически бесполезными, годными лишь для украшения высоких кабинетов.

*Постоянный режим работы*. Этот принцип, заложенный в основу функционирования Системы, является необходимой характеристикой. В отличие от режима "пожарной команды" предлагаемая Система позволяет полностью использовать весь накопленный ранее опыт по решению задач

мониторинга/управления (экономического, экологического, эпидемиологического и др., в том числе в аварийных и катастрофических ситуациях), а также сформированные ранее базы данных и знаний. Это гарантирует потенциальным пользователям Системы, что в конечном итоге она станет самоокупаемой.

**Подсистема мониторинга и ее конфигурация.** Предназначена для сбора, экспресс-анализа и передачи в региональные центры предварительной и тематической обработки данных дистанционного и наземного мониторинга. Система строится по иерархическому принципу, соответственно уровню иерархии должны подбираться и средства наблюдения. Для собственно регионального мониторинга таким основным средством служит малая авиация (вертолет и самолет) с характерными для нее возможностями по высоте и скорости полета, радиуса действия и т.п. Региональный уровень включает в себя также средства более низкого – локального уровня наблюдения: беспилотные летательные аппараты, шары, наземные передвижные и стационарные пункты, платформы и буи, соответствующие подсистемы обработки и распространения информации (линии связи).

Подсистема мониторинга входит в состав замкнутого цикла управления регионом. Таким образом, данные мониторинга используются в процедурах поддержки принятия решений, направленных на изменение состояния природопользования и экологии, которое бы удовлетворяло заданным требованиям заказчика – потенциального потребителя (рис.2).

Подсистема комплексного регионального мониторинга и управления создается, на первом этапе, на базе легкого вертолета Ми-2. Она предназначается для глав администраций регионов, мэров городов, руководителей и/или владельцев крупных промышленных объектов.

Адекватное оснащение подсистемы отечественным приборным комплексом стало возможным благодаря тому, что на основе научно-технических разработок в области наукоемких технологий, в том числе в аэрокосмической отрасли и атомной энергетике, создана уникальная по своим возможностям, компактности и надежности измерительная аппаратура, устанавливаемая на различных носителях (ИСЗ, самолеты, вертолеты, наземные буи и автоматические платформы), что позволило разработать:

- постоянно действующую, дешевую, а соответственно, доступную для региональных и других пользователей подсистему природоресурсного и экологического мониторинга, базирующегося на средствах малой авиации (вертолетах типа Ми-2, самолетах типа М-101) в сочетании с перспективами использования микроспутников типа "Компас-1" [2];
- мобильную подсистему, в которой основная часть измерительной аппаратуры монтируется в съемных контейнерах, что позволяет быстро менять набор аппаратуры в зависимости от задач и освобождать от неё носитель (вертолет, самолет и т.п.) для использования в других целях;
- надежную подсистему, так как в ней использована аппаратура, предназначенная для установки на космических объектах и работы в экстремальных условиях.

Техническое оснащение, контроль

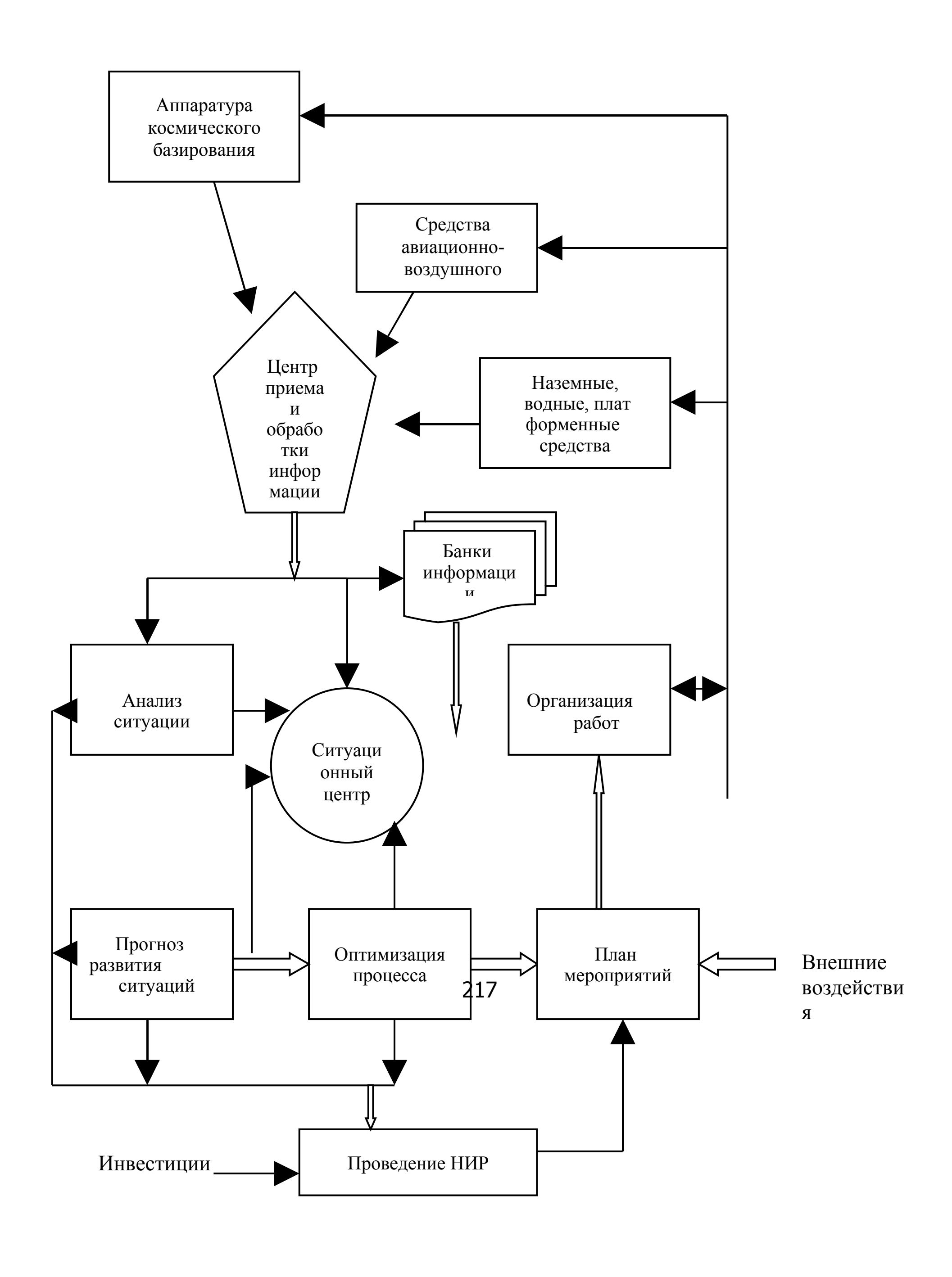


Рис.2. Региональная система управления природопользованием, состоянием окружающей среды и здоровья населения по данным аэрокосмических и наземных наблюдений

В полном составе подсистема мониторинга включает следующие структурные элементы:

- сбор и экспресс-анализ информации, получаемой с помощью комплекса бортовой аппаратуры, включающего в себя сенсоры дистанционного зондирования оптического и микроволнового диапазонов, магнитометр, датчики элементного состава воздуха и ионизирующего излучения, а также систему определения местоположения носителя GPS-ГЛОНАС;
- наземный сбор информации;
- предварительная обработка и нормализация информации с выдачей оперативных данных и рекомендаций;
- тематическая обработка информации в специализированных региональных центрах.

Подсистема управления природопользованием, состоянием окружающей среды и здоровья населения предназначена для аккумуляции, усвоения и многокритериального анализа всей информации, относящейся к решаемой проблеме.

Для осуществления управления может быть образован Ситуационный центр губернатора (СЦГ) или Руководителя субъекта федерации (аналог ситуационной комнаты Президента РФ), связанный с региональными, федеральными службами и отраслевыми центрами, который позволит эффективно:

- получать информацию по любым информационным каналам;
- отслеживать текущую ситуацию в регионе и анализировать прогноз её развития;
- моделировать и прогнозировать ситуацию, отслеживать результаты принятых решений.

**Техническая характеристика подсистемы мониторинга.** Аппаратурный состав бортового (вертолет Ми-2) и наземного комплексов подсистемы мониторинга формировался исходя из перечня задач и списка потенциальных объектов мониторинга и управления как природных, так и антропогенных. Аппаратура вертолетного комплекса была, в первую очередь, предназначена для измерения и бортовой регистрации различного рода полей естественного и искусственного происхождения излучения видимого, инфракрасного и микроволнового диапазонов, магнитного поля, а также интенсивности ионизирующего излучения. Наземный измерительный комплекс предназначался как для обеспечения дистанционного мониторинга набором реперных данных, так и проведения самостоятельных исследований химического и элементного состава с помощью масс-спектрометрической аппаратуры [3, 4, 5, 6].

Представим основные технические возможности и области применения аппаратурного комплекса.

**1. Спектрорадиометры:**

1.1. Видимый диапазон (0,45 – 0,7) μm:

*почвы* – заболоченность, опустынивание, плодородие почв.

1.2. Инфракрасный диапазон (1,55 – 13,5) μm:

*вода* – прозрачность, поверхностные загрязнения, степень эвтрофикации;

*растительность* – тип растительности и стадии вегетации, объем фитомассы, содержание хлорофилла в листьях, заболеваемость, состояние растительного покрова, предсказание урожая;

*воздух* – химический состав (определение антропогенных примесей), прозрачность атмосферы, температура, влажность, озонный слой, солнечная радиация;

*снежный покров* – загрязнение;

*мегаполисы* – задымленность и динамика ее развития, загрязнение почвы и воды (нефтепродуктами, тяжелыми металлами и коммунальными стоками);

*природные и техногенные катастрофы* – пожары, очаги их возникновения и зоны распространения, паводки и наводнения;

*нефтегазопроводы* – утечки и их локализация, разлив нефти.

1.3. СВЧ диапазон (3,7 – 1,1) ГГц:

*почвы* – влажность, заболоченность, температура;

*вода* – поверхностные загрязнения, степень эвтрофикации, температура, компоненты химического состава;

*растительность* – содержание хлорофилла в листьях, состояние растительного покрова;

*снежный покров* – влажность, загрязнение;

*мегаполисы* – состояние свалок;

*населенные пункты* – свалки;

*природные и техногенные катастрофы* – пожары, очаги их возникновения и зоны распространения, ледовая обстановка рек и водоемов;

*нефтегазопроводы* – утечки и их локализация, состояние подложки.

1.4. Декаметрового диапазона (30 – 50) МГц:

*почвы* – влагозапас, подтопление, засоление почвы;

*вода* – минерализация, поверхностные загрязнения.

**2. Телевизионные камеры:**

2.1. Черно-белая, цифровая, видимого диапазона (0,4 – 1,0) μm:

*почвы* – влагозапас, опустынивание, температура.

2.2. Цветная цифровая видимого диапазона (глубина цвета не хуже 8 бит):

*вода* – температура;

*растительность* – заболеваемость, предсказание урожая, техногенные повреждения, поражение лесных территорий;

*животный мир* – рыба и ее запасы.

2.3. ИК-тепловизоры (3 – 5,4) μm:

*мегаполисы* – теплопотери, неучтенные крупные потребители электроэнергии, состояние свалок;

*техногенные объекты и инженерные сооружения* – запасы воды в водохранилищах, экологическая обстановка в зонах атомных станций и прилегающих водоемах, тектонические и гидрологические параметры (степень инфильтрации воды, обводненности и увлажнения прилегающих грунтов и т.д.) в зонах водохранилищ;

*природные и техногенные катастрофы* – пожары, очаги их возникновения и зоны распространения, паводки и наводнения, ледовая обстановка рек и водоемов, вулканическая деятельность.

**3. Магнитометры:**

3.1. Квантовый магнитометр (модуль постоянного тока):

*мегаполисы* – электромагнитные поля сверхнизкой частоты (СНЧ), крупные неучтенные потребители электроэнергии.

3.2. Феррорезонансный магнитометр – градиентометр:

*техногенные объекты и инженерные сооружения* – тектонические и гидрологические параметры (степень инфильтрации воды, обводненности и увлажнения прилегающих грунтов и т.д.), региональные геофизические поля (аэромагнитная опорная сеть) и полезные ископаемые, состояние кабельных линий электропередач и контактных сетей железных дорог, координаты подземных и скрытых наземных сооружений;

*нефтепроводы* – тектонические напряжения вдоль трасс.

**4. Приборы контроля радиационной ситуации:**

4.1. Аэрограмма, спектрометры, диапазон (0,13 – 3,0) Мэв:

*мегаполисы* – радиационная обстановка;

*населенные пункты* – санитарное состояние;

*техногенные объекты и инженерные сооружения* – экологическая обстановка в зонах атомных станций и прилегающих водоемах.

4.2. Радиометр α, β, γ излучение:

*мегаполисы* – радиационная обстановка;

*населенные пункты* – санитарное состояние;

*техногенные объекты и инженерные сооружения* – экологическая обстановка в зонах атомных станций и прилегающих водоемах.

4.3. Измерители:

- **элементного состава** (Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mo, Cd, Sn):

*почвы* – засоленность;

*вода* – поверхностные загрязнения;

*снежный покров* – загрязнение;

*мегаполисы* – загрязнение почвы и воды (нефтепродуктами, тяжелыми металлами и коммунальными стоками);

- **газового состава** (аммиак, ацетон, бензин, иприт, заман, зарин, $NO_2$, $CO_2$):

*воздух* – химический состав (определение антропогенных примесей);

*мегаполисы* – загрязнение воздуха;

*населенные пункты* – биогенное загрязнение;

*нефтегазопроводы* – утечки и их локализация;

- **концентраций аэрозолей и пыли:**

*воздух* – прозрачность атмосферы;

*мегаполисы* – задымленность и динамика ее развития, загрязненность воздуха.

**5. Приборы для количественного определения и измерения состава вещества:**

5.1. Количественное определение элементного и изотопного состава вещества в твердой фазе "ЛАЗМА" (1 – 250) а.е.м.:

*почвы* – компоненты химического состава, элементный и изотопный состав;

*вода* – компоненты химического состава, промышленные сточные воды;

*воздух* – химический состав аэрозольных частиц;

*снежный покров* – загрязнение;

*мегаполисы* – загрязненность воздуха, загрязнение почвы и воды (нефтепродуктами, тяжелыми металлами и коммунальными стоками, зоны опасные для жизнедеятельности человека.

5.2. Количественное измерение элементного и изотопного состава атмосферы, молекул летучей органики "МАНАГА" (1 – 3000) а.е.м.:

*вода* – компоненты химического состава, промышленные сточные воды;

*воздух* – химический состав (определение антропогенных примесей);

*мегаполисы* – загрязненность воздуха, зоны опасные для жизнедеятельности человека.

5.3. Количественное определение нелетучей органики в твердой фазе "ЛАРМОР" (1 – 3000) а.е.м.:

*почвы* – компоненты химического состава;

*вода* – компоненты химического состава, промышленные сточные воды;

*воздух* – химический состав аэрозольных частиц;

*мегаполисы* – загрязненность воздуха, загрязненность почвы и воды, зоны опасные для жизнедеятельности человека.

**6. Лидар и газоанализаторы:**

6.1. Лидар 0,9 µm:

*растительность* – предсказание урожая;

*воздух* – прозрачность атмосферы;

*мегаполисы* – задымленность и динамика ее развития.

6.2. Спектрально-оптический газоанализатор (0,25 – 0,45) µm:

*воздух* – химический состав (определение антропогенных примесей), прозрачность атмосферы, химический состав аэрозольных частиц;

*мегаполисы* – задымленность и динамика ее развития, загрязненность воздуха;

*нефтегазопроводы* – трассы и состояние нефтегазопроводов, утечка и их локализация.

**Выводы.** Представленный материал, касающийся региональной системы мониторинга и управления состоянием природопользования, окружающей среды и здоровьем населения, может рассматриваться в качестве пилотного проекта, реализуемого консорциумом ряда научных и производственных предприятий Российской Федерации на территории регионов ЮФО. Его результаты могут быть использованы при доработке Системы с целью ее адаптации к условиям и потребностям других районов РФ.

В качестве более конкретных направлений развития Системы следует указать на возможность расширения функций в области управления социально - экономическими процессами, такими как демографические изменения, динамика качества жизни людей и т.п. Это означает, что администрация регионов будет обладать достаточно широким спектром контроля за наиболее важными сторонами экономики и социума, что, несомненно, будет способствовать стабилизации социально - политической и экономической ситуации в субъектах РВ и, в конечном счете, страны в целом.

**Библиографический список**


1. Мониторинг здоровья населения Волжского бассейна: отчет по выполнению Федеральной целевой программы "Возрождение Волги" по договору № 21/19, М., ВНТИЦентр, 1999, 122с.
2. Балебаев В.М. Региональная система экологического мониторинга на основе малой авиации: матер. Междунар. конф. "Анализ систем на пороге XXI века". – М., 27-29 февраля 1996. / В.М. Балебаев, О.А.Евсеев, В.И.Костенко и др. - М.: Интеллект, 1996. – Т.2. – С 373-376.
3. Лопес Фалькон Х.А., А. Тамайдо Мендес, Егоров В.В. Некоторые результаты спектрометрических измерений в эксперименте "Антиас" /Акад. Наук СССР, Ин-т космических исследований. Препринт Пр-919, 1984. – 16с.
4. Ведешин Л.А., Егоров В.В. Управление состоянием природных объектов с использованием дистанционного зондирования //Исслед. Земли из космоса. – 1989. – № 6. – С 113-116.
5. Балтер Б.М., Егоров В.В. Природные и информационные циклы в экологическом моделировании и дистанционном зондировании. Концепция и принципы выбора объектов мониторинга. //Исслед. Земли из космоса. – 1994. – №6. – С 19-25.

6. Батищев Ю.А., Костенко В.И. и др. Региональная система управления природопользованием, состоянием окружающей среды и здоровья населения: принципы построения и планирования эксперимента. /Рос. акад. наук, Ин-т косм. Исследований. Препринт-2012, 1999. – 37с.


Материал поступил в редакцию 5.11.08.

**Y.A. BATISHEV , V.I. KOSTENKO, V.V. DUDNIK**

**TECHNICAL MEANS OF CONTROL AND MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES MONITORING OF RUSSIAN SOUTH REGION**

The article is devoted to most important questions of rational nature using, environment protection and population health. There are formulated principals of monitorring system. The article describes the complex of technical means for comprehensive checking of earth condition and low altitude atmosphere. There are pointed at way to show output data and domain of it potential using. The conclusion of article describe the next steps improvement of system, adaptation system to region needs and perspectives of it development.

**БАТИЩЕВ Юрий Александрович** (р.1939), доцент РГАСХМ, кандидат технических наук (1987). Окончил Таганрогский радиотехнический институт (1971).
Область научных интересов – автоматизация технологических процессов.
Количество публикаций – 82.

**КОСТЕНКО Валерий Иванович** (р.1939), заведующий лабораторией Института космических исследований (ИКИ), доктор технических наук (2003), академик РАЕН (2004). Окончил Московский авиационный институт (1962).
Область научных интересов – космическое приборостроение.
Количество публикаций – 218.

**ДУДНИК Виталий Владимирович** (р.1969), руководитель научного центра РГАСХМ, доцент (2007), кандидат технических наук (1998).
Область научных интересов – экология, охрана окружающей среды.
Количество публикаций – 45.